

# **Zug der Zukunft Next Generation Train - NGT**

**Dr.-Ing. Joachim Winter**  
Institut für Fahrzeugkonzepte, Stuttgart



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# 175 Jahre Eisenbahn

## 1835 Nürnberg – Fürth „Der Adler“



Lokomotive; Einzelachsen; Dampfantrieb 15 KW  
28 (65) km/h; mechanische Spindelbremse; Laufleistung – meist Einsatz von Pferden





# 100 Jahre Elektromobilität

## Strecke Dessau – Bitterfeld (Freigabe 01. April 1911)



 **Siemens Corporate Archives**

26111.



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft





# Schnelltriebzug DRG 137

## 1935 Bauart Köln - Linke-Hofmann, Breslau



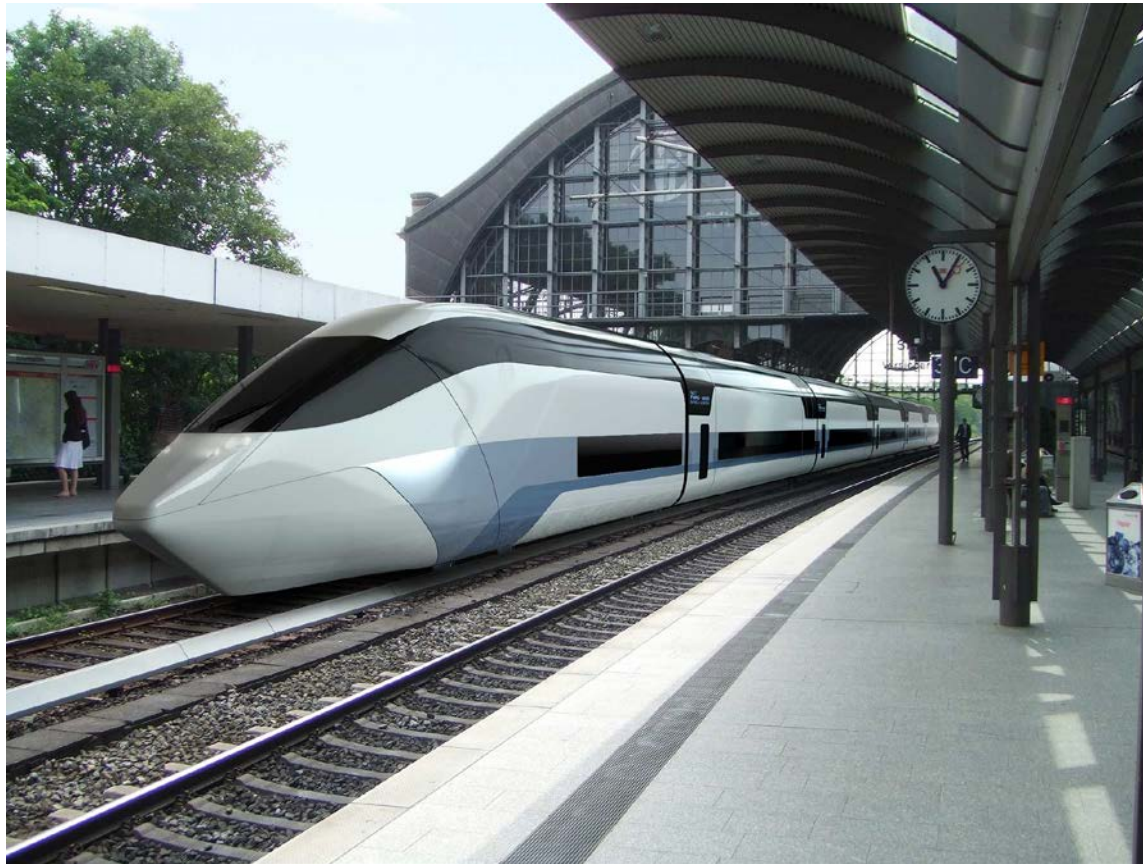
Stromlinienförmiger Steuerwagen; Einzelachsen; dieselelektrischer Antrieb 882 KW  
160 km/h; Magnetbremsen Bremsweg 800m; Laufleistung 35.000 km/Monat



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Zug der Zukunft 2035 Hamburg Dammtor abfahrtsbereit



Stromlinienförmiger Doppelstock-Steuerwagen; Einzelräder; elektrischer Antrieb 18 MW  
400 km/h; aerodyn. + Magnetbremsen Bremsweg 8 km; Laufleistung 50.000 km/Monat

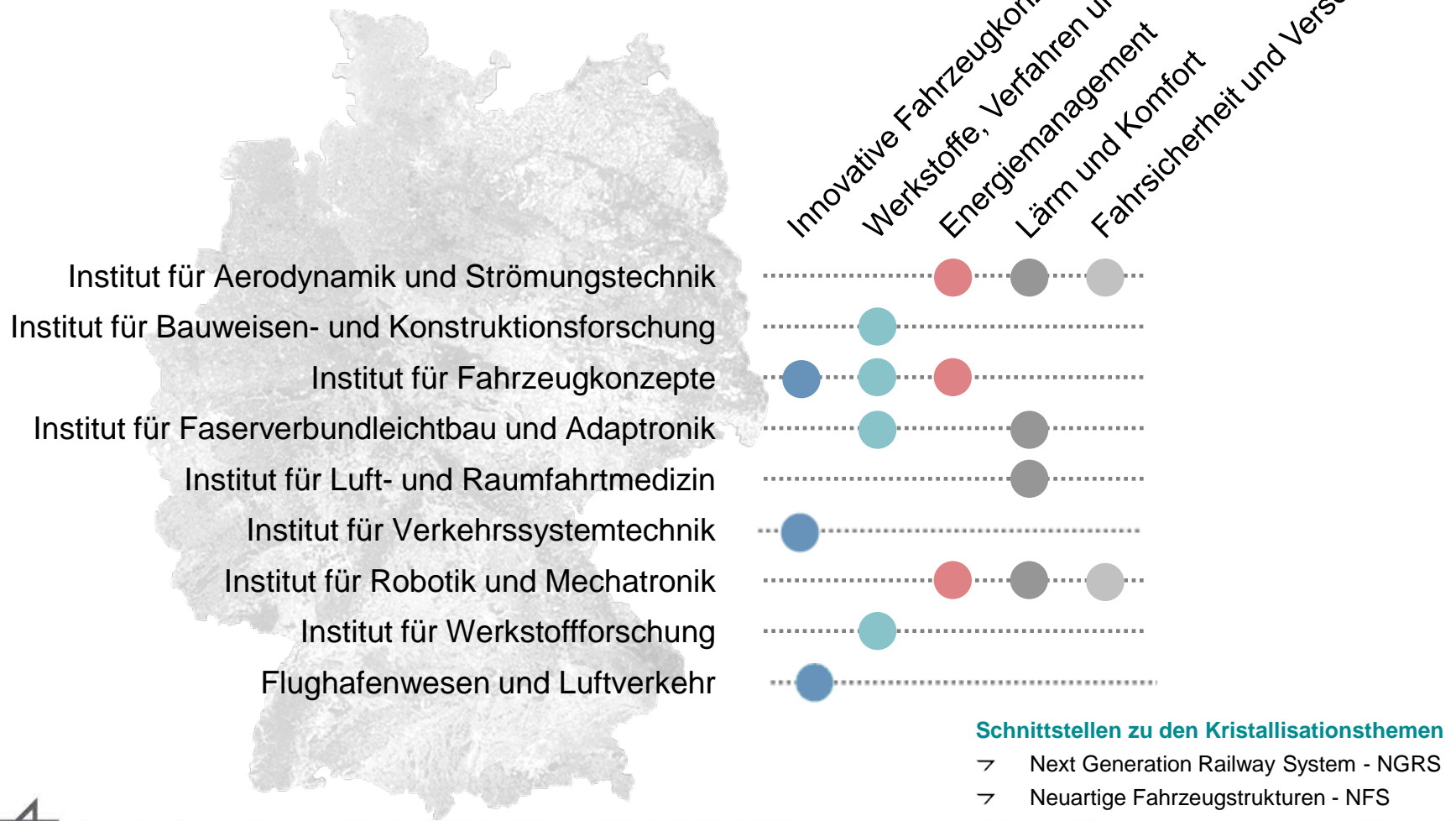


Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft



# Zug der Zukunft

## Neun beteiligte DLR-Institute







LCC – life cycle costs  
LCA – life cycle assessment

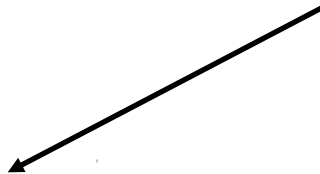
# Zug der Zukunft Anforderungen

## Normen und Gesetze



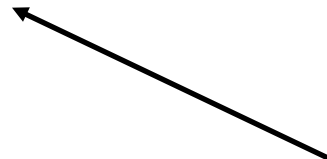
## Betriebsanforderungen Betreiber

- Nutzlast
- Kosten
- Verschleiß
- LCC und LCA
- usw.



## Betriebsanforderungen Fahrgast bzw. Kunde

- **Personenverkehr (Nah-, Regional-, Fern-)**
  - Ein-, Ausstieg
  - Komfort
- **Güterverkehr**
  - Nutzlast
- usw.



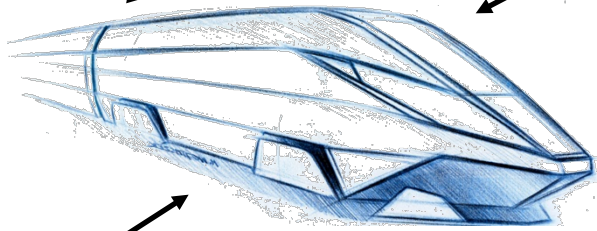
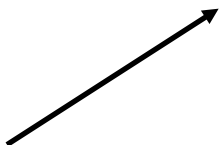
## Infrastruktur

- Fahrweg
- Bahnsteig
- Energieversorgung
- Leittechnik
- usw.



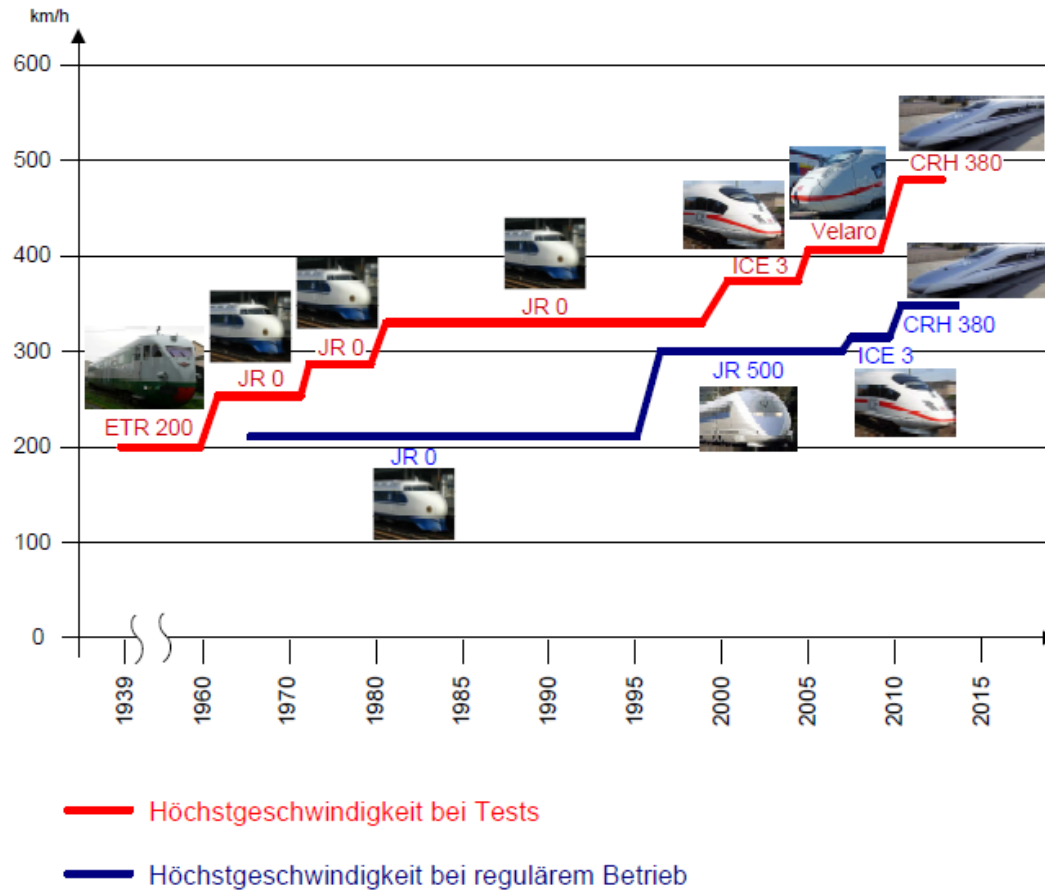
## Technik

- Einsatzgeschwindigkeit
- Antriebskonzept
- Modularisierung
- Wagenkastenbau
- usw.





# Entwicklung der Höchstgeschwindigkeiten Triebwagenzüge

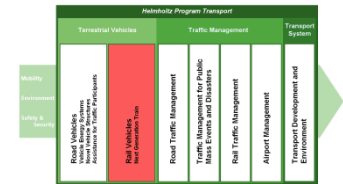






# Zug der Zukunft Themen und Ziele

1. **Erhöhung der zugelassenen Geschwindigkeit**  
auf 400 km/h (wiss. Untersuchungen zu 600 km/h)
2. **Halbierung des spezifischen Energieverbrauchs**  
gegenüber dem ICE 3 bei 300 km/h
3. **Lärmreduktion**
4. **Komfortsteigerung**
5. **Verbesserung der Fahrsicherheit**
6. **Verbesserung des Verschleißverhaltens und Lebenszykluskosten**
7. **kosteneffiziente Bauweisen**  
durch Modularisierung und Systemintegration
8. **Effizienzsteigerung**  
von Entwicklungs- und Zulassungsprozessen

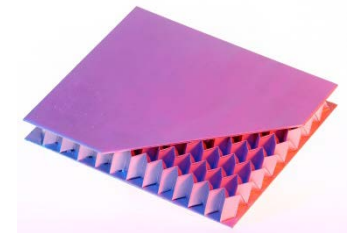
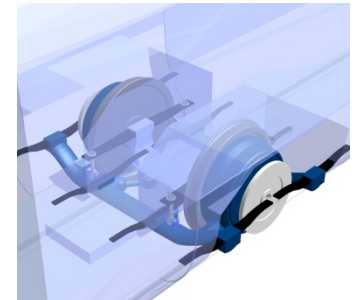
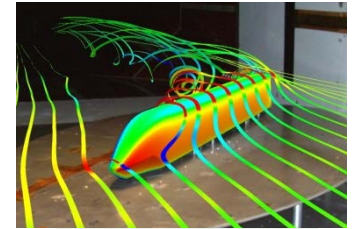




# Zug der Zukunft Vorgehensweise

- konsequenter innovativer aerodynamischer Entwurf
- Erhöhung der spezifischen Sitzplatzkapazität
- mechatronisches Einzelrad-Einzellaufwerk
- aerodynamische Steuerflächen
- Multi-Material-Design mit neuen Materialsystemen
- modulare Bauweisen
- innovative Fügetechnik
- Systemintegration
- Zusammenarbeit mit

**Standardisierungsgremien  
Schienenfahrzeugherstellern**

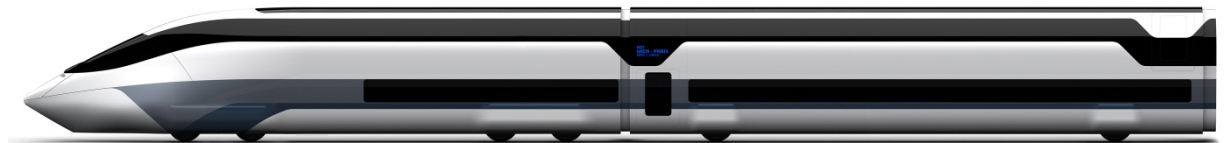




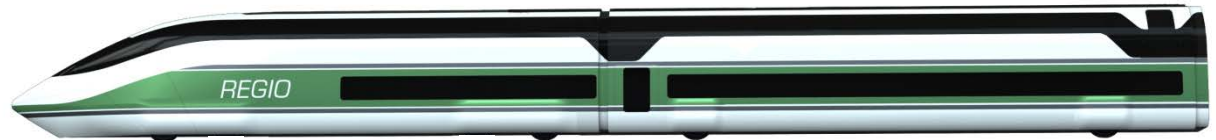
# Zug der Zukunft

## Fahrzeugtypen

- Ultra-Hochgeschwindigkeits-Triebwagenzug  
NGT HGV



- Schneller InterCity-Triebwagenzug  
NGT REGIO



- Schneller Güter-Triebwagenzug  
NGT CARGO



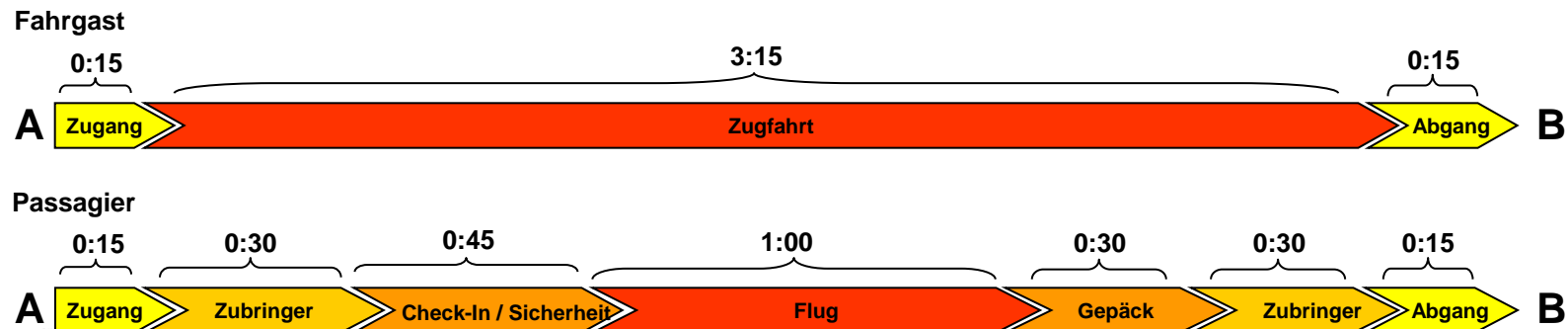
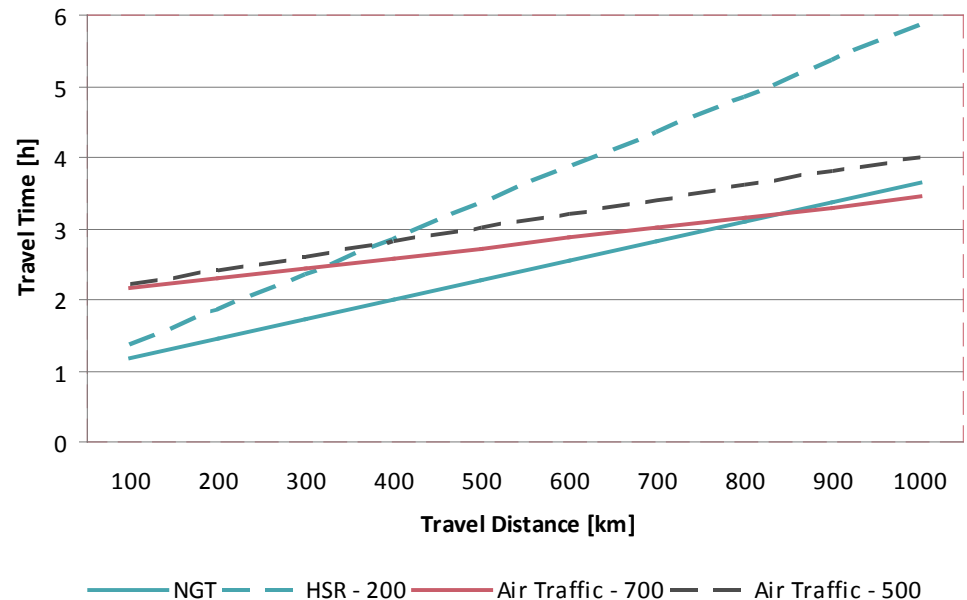




# Zug der Zukunft

## Wettbewerb Luftfahrt – Eisenbahn

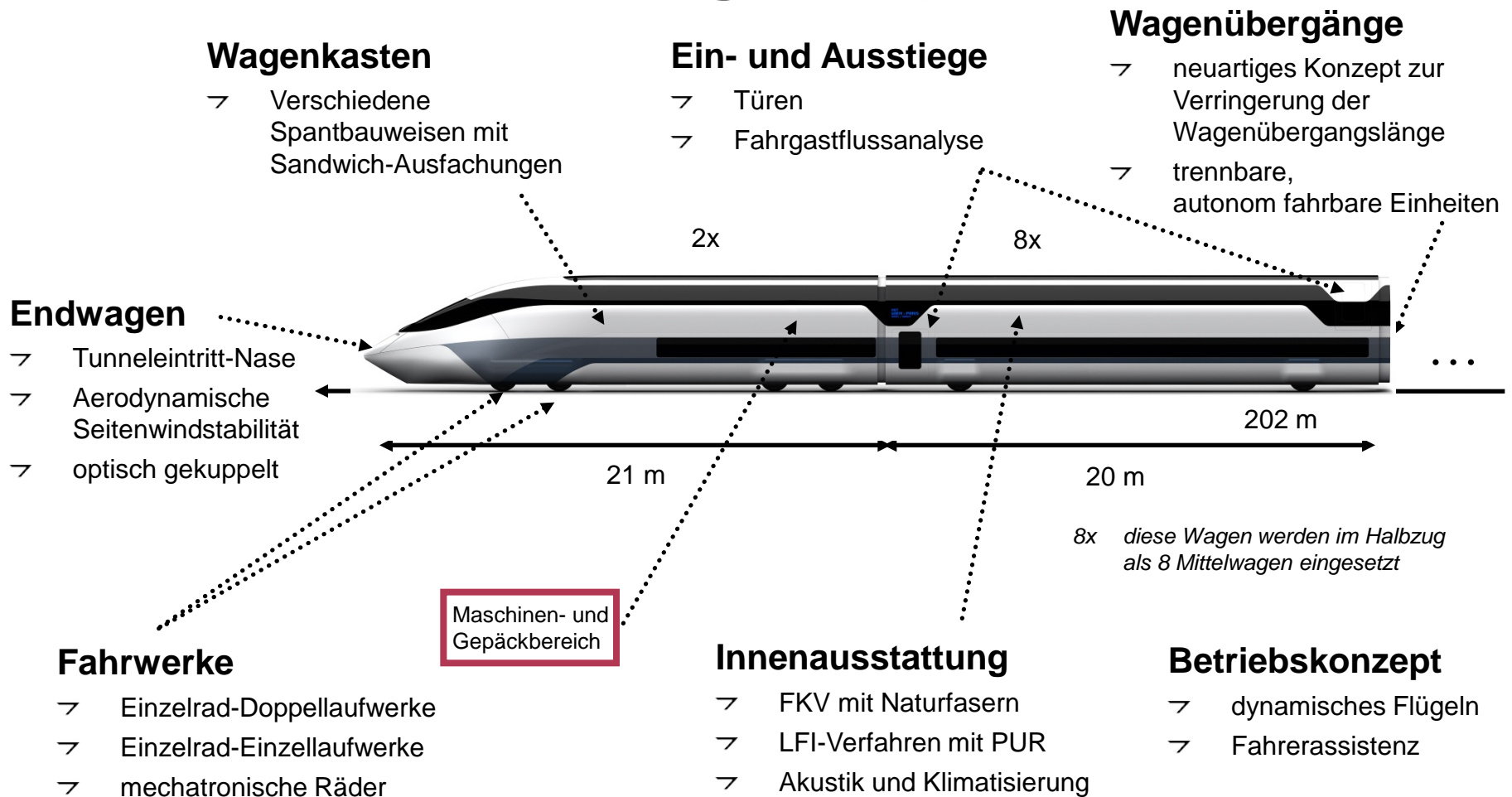
- Einfluss der Zugangszeit
- Hochgeschwindigkeits-Schienenverkehr wettbewerbsfähig < 800 km





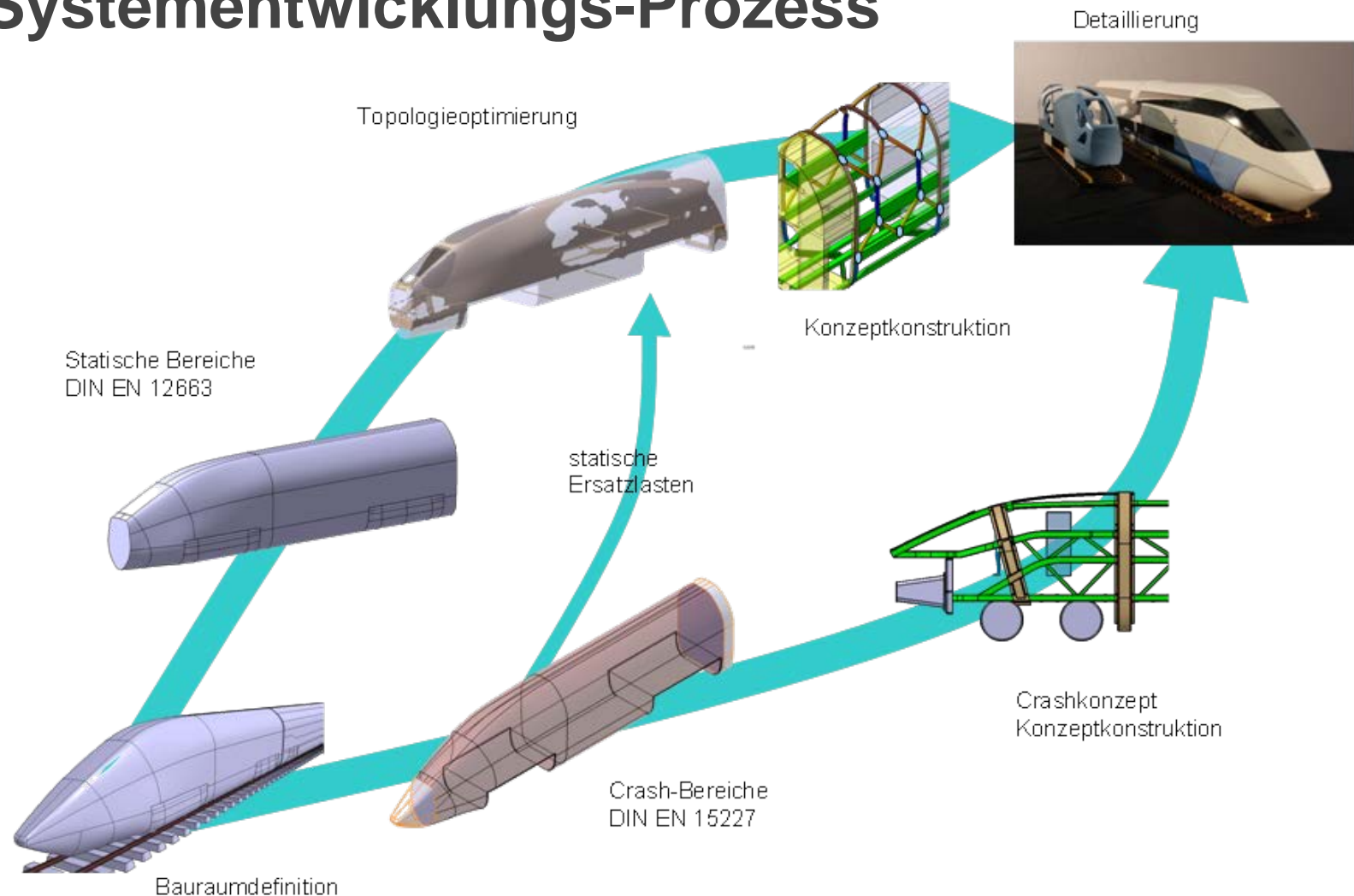
# Zug der Zukunft

## Innovatives Triebzugkonzept





# Zug der Zukunft Systementwicklungs-Prozess

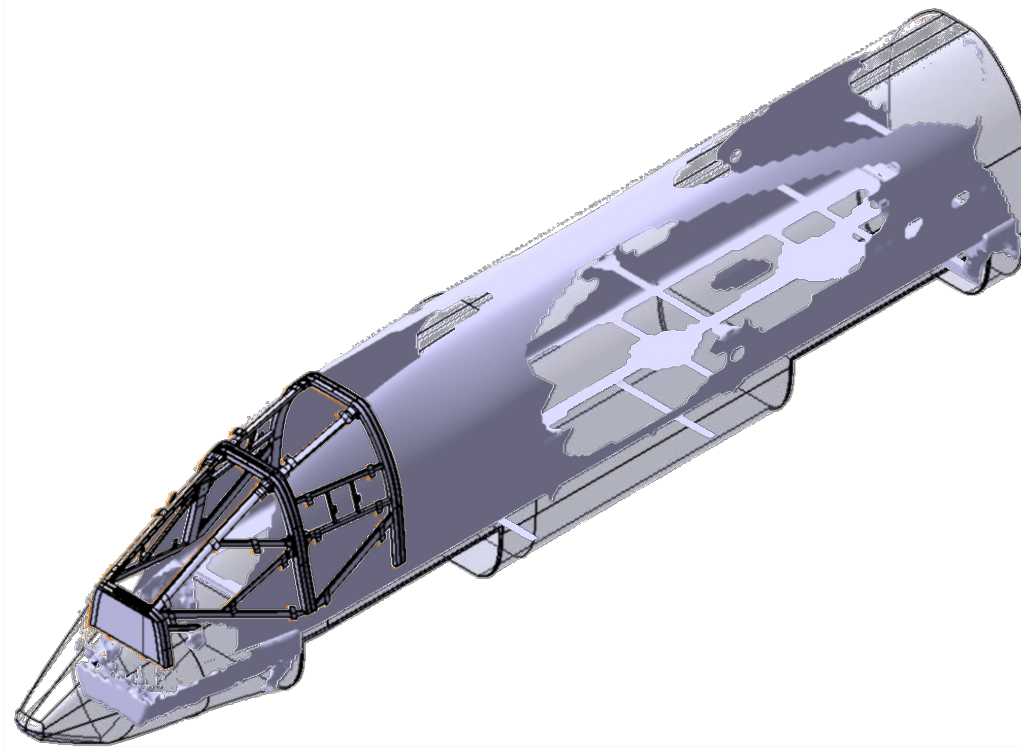






# Zug der Zukunft

## Steuerkopf: Triebfahrzeugführerstand

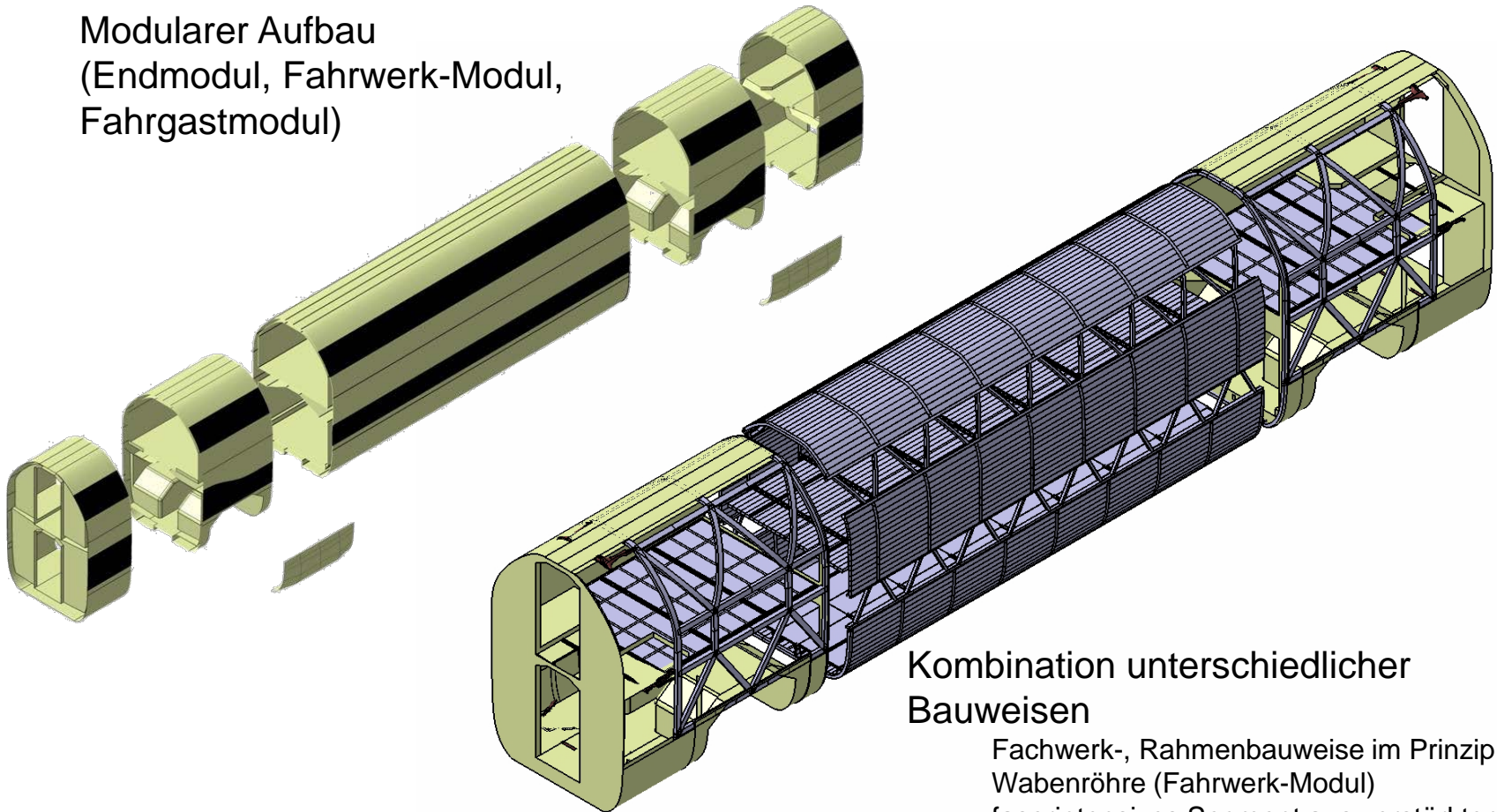




# Zug der Zukunft

## Mittelwagen: Modularisierung und Bauweisen

Modularer Aufbau  
(Endmodul, Fahrwerk-Modul,  
Fahrgastmodul)



Kombination unterschiedlicher  
Bauweisen

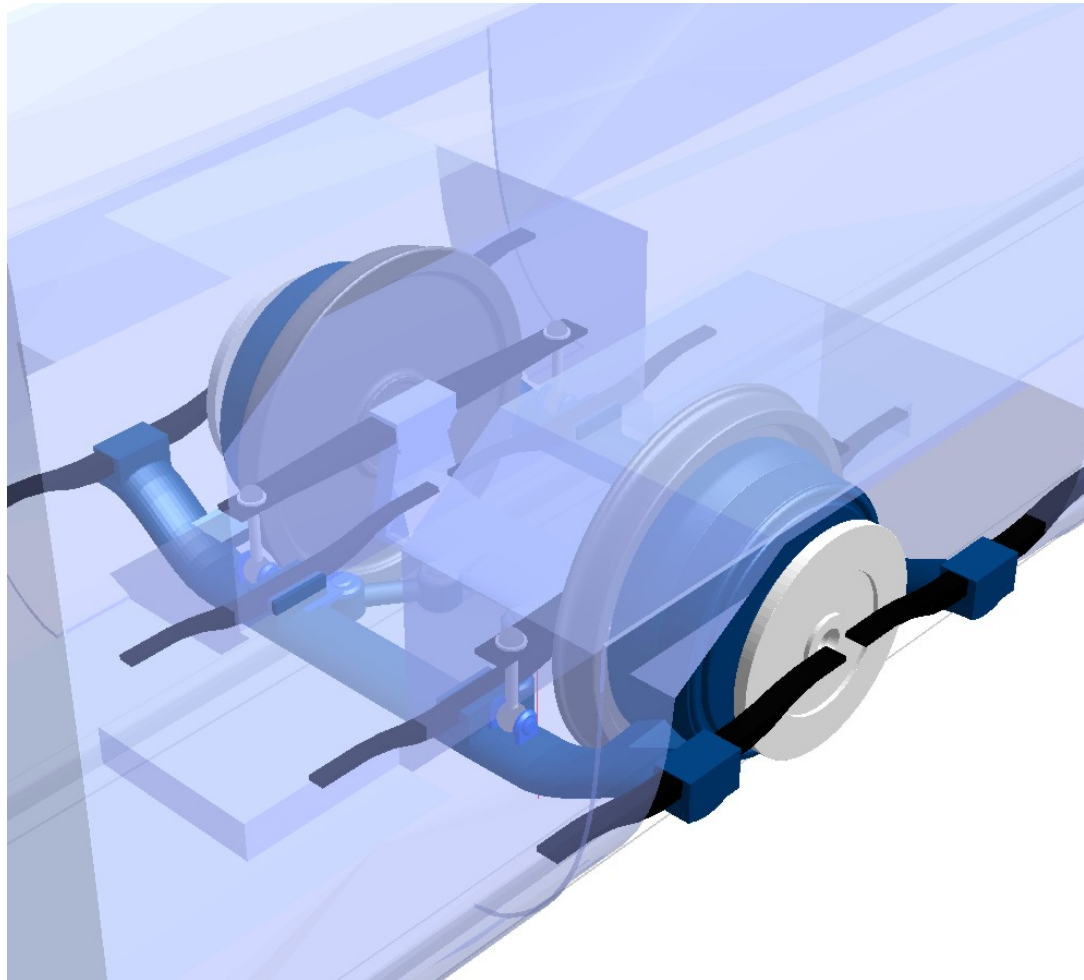
Fachwerk-, Rahmenbauweise im Prinzip der  
Wabenröhre (Fahrwerk-Modul)  
faserintensives Segment aus verstärkten  
Sandwich-Elementen (Fahrgastmodul)





# Zug der Zukunft

## Mittelwagen: Einzelrad-Einzelfahrwerk







# Zug der Zukunft Energiemanagement

## Antrieb

- Antriebsleistung 18 MW
- keine Stromabnehmer
- Hilfsantrieb für Überföhrungsfahrten

## Bremsen

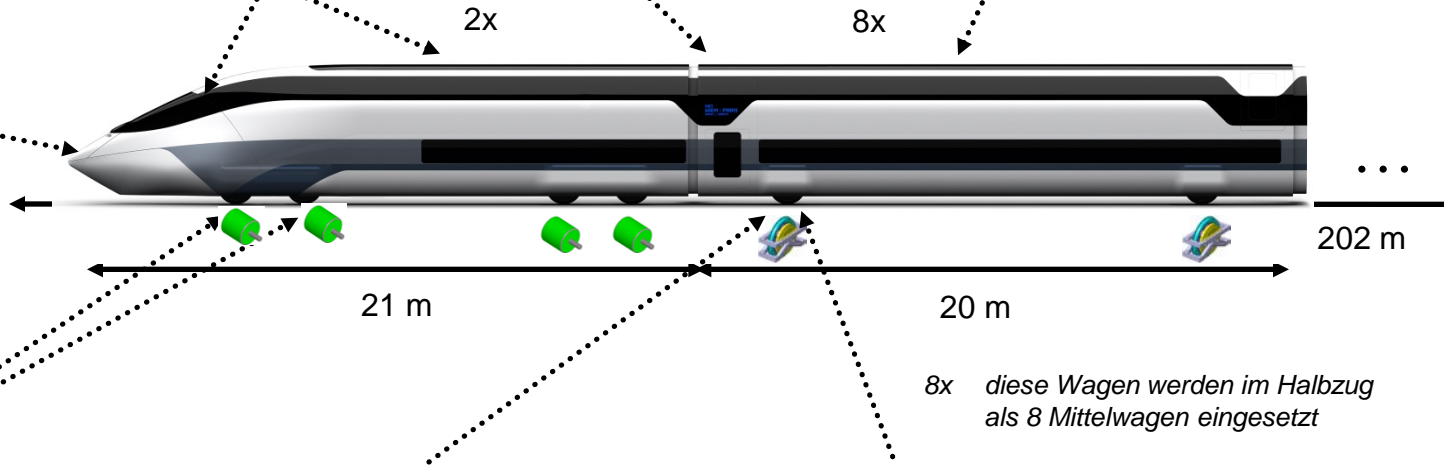
- Fahrerassistenz
- aerodynamisch

## Wagenkasten

- Leichtbau spart pro Tonne bis 1 kWh/100 km ein

## Steuerkopf

- optisch gekuppelt
- Funk Datenübertragung



## Steuerkopf-Fahrwerke

- 8 Einzelrad-Doppelaufwerk
- 8 Antriebsmotor 510 KW und Getriebe
- induktive Stromaufnahme
- autonom fahrbar

## Mittelwagen-Fahrwerke

- 4 Einzelrad-Einzelaufwerke
- radnaher Motor 260 KW
- induktive Stromaufnahme
- autonom fahrbar

## Bremsen

- generatorisch
- mechanisch radintegriert

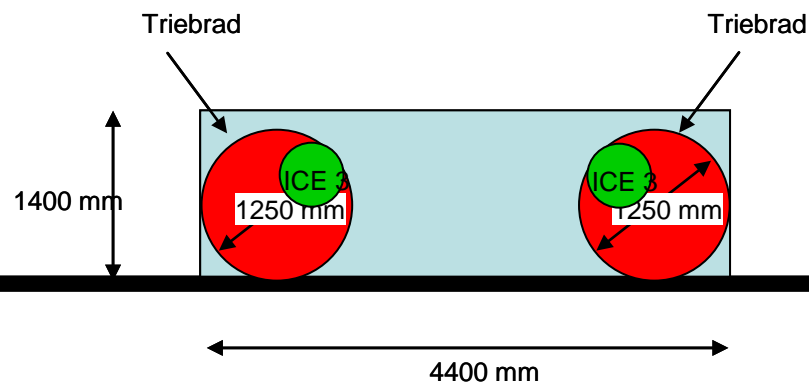




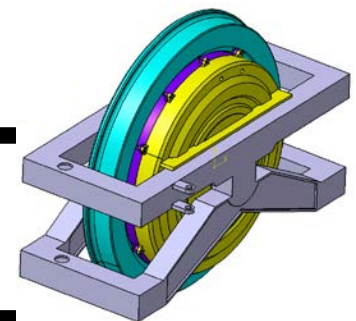
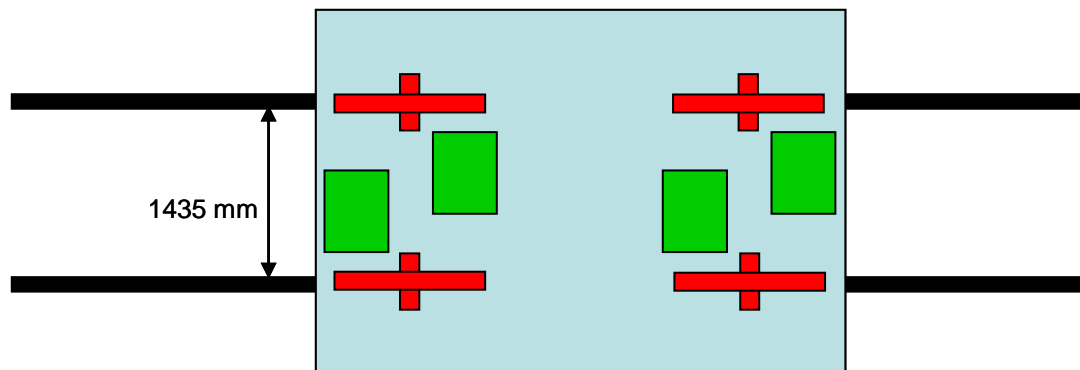
# Zug der Zukunft

## Antriebskonzept: Motoren

Seitenansicht Package Triebkopfmotor



Draufsicht Package Triebkopfmotor





## Zug der Zukunft

### Antriebskonzept: Beschleunigung (DYMOLA)

Beschleunigung auf Geschwindigkeit	Weg [km]	Zeit [s]
[km/h]		
100	0.268	20
200	1.395	46
300	4.986	96
400	16.274	210
440	31.543	340
459	73.429	673



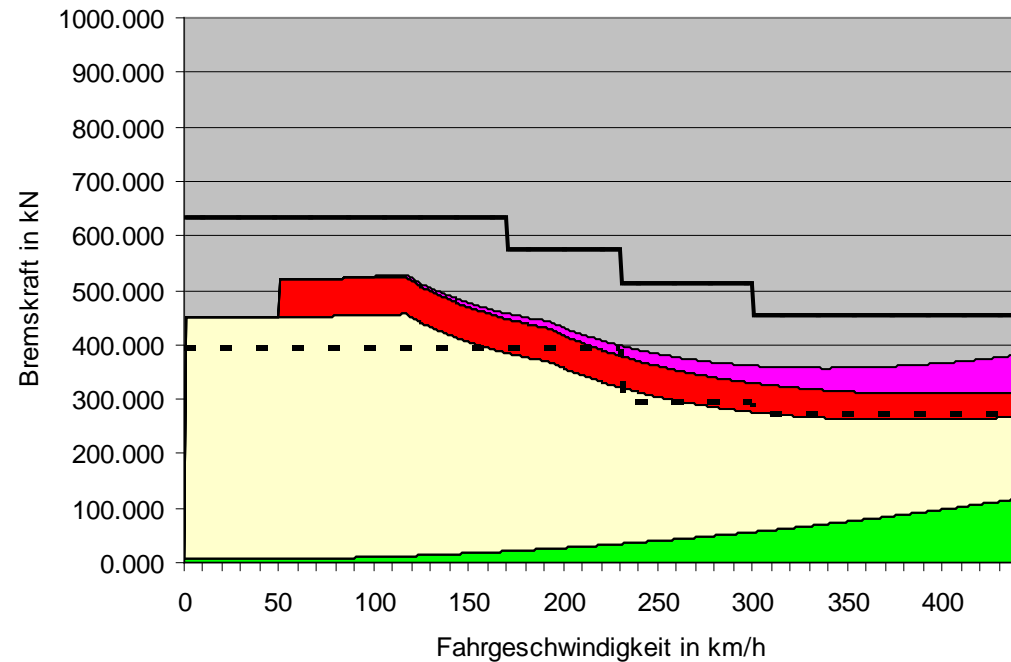


## Zug der Zukunft

### Bremskonzept: Betriebsbremsung (DYMOLA)

- Fahrwiderstand
- Generatorische Bremse
- Aerodynamische Bremse
- Wirbelstrombremse

=> Verschleißfrei und meist zurückspeisend



- |  |   |
|--|---|
| <span style="color: green;">■</span> Fahrwiderstand (15 km/h Rückenwind) | <span style="color: yellow;">■</span> Generatorische Bremse             |
| <span style="color: red;">■</span> Wirbelstrombremse                     | <span style="color: magenta;">■</span> Aerodynamische Bremse            |
| <span style="color: black;">—</span> Schnellbremsung (mit Gefälle)       | <span style="color: black;">- - -</span> Betriebsbremsung (mit Gefälle) |



## Zug der Zukunft

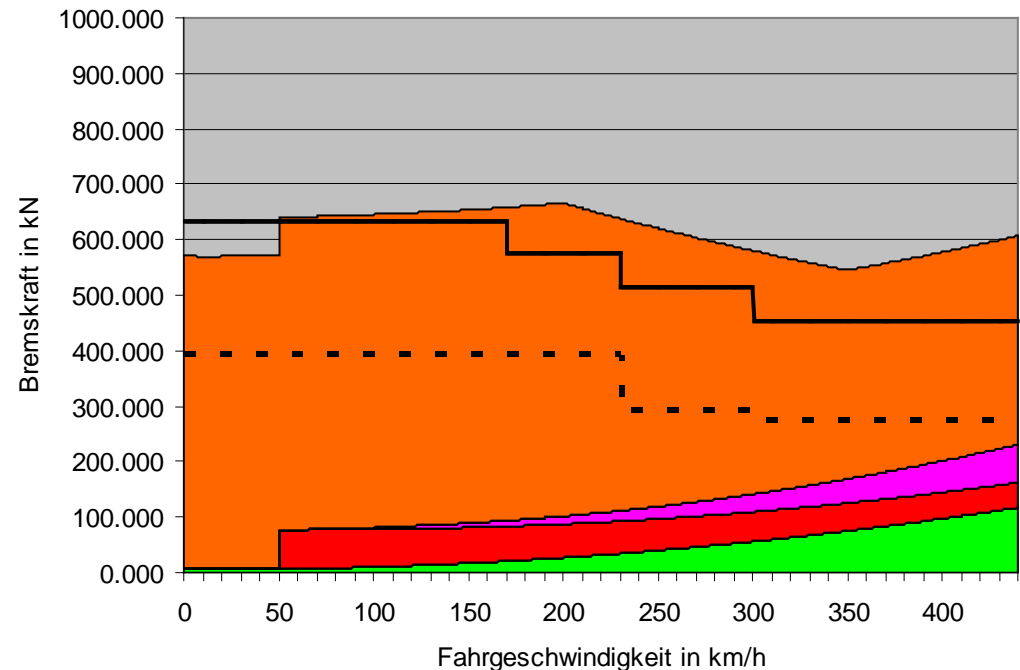
### Bremskonzept: Schnellbremsung (DYMOLA)

⇒ Zusätzliches Brems-  
system notwendig

➤ Reibungsbremse,  
Scheibenbremse

$V < 50 \text{ km/h}$

Bremskraft und –weg  
nicht eingehalten



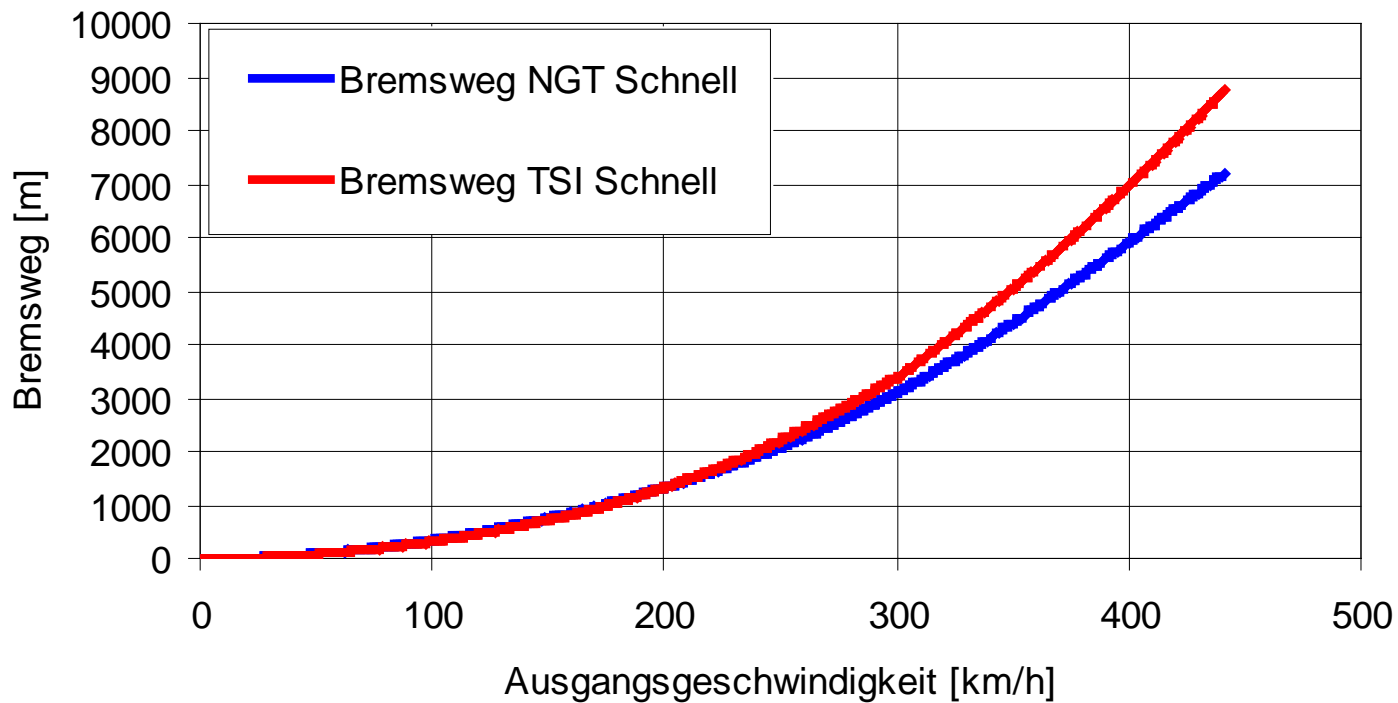
- Fahrwiderstand (15 km/h Rückenwind)
- Wirbelstrombremse
- Aerodynamische Bremse
- Rad-Schiene-Kontakt
- Schnellbremsung (mit Gefälle)
- Betriebsbremsung (mit Gefälle)



# Zug der Zukunft

## Bremsweg

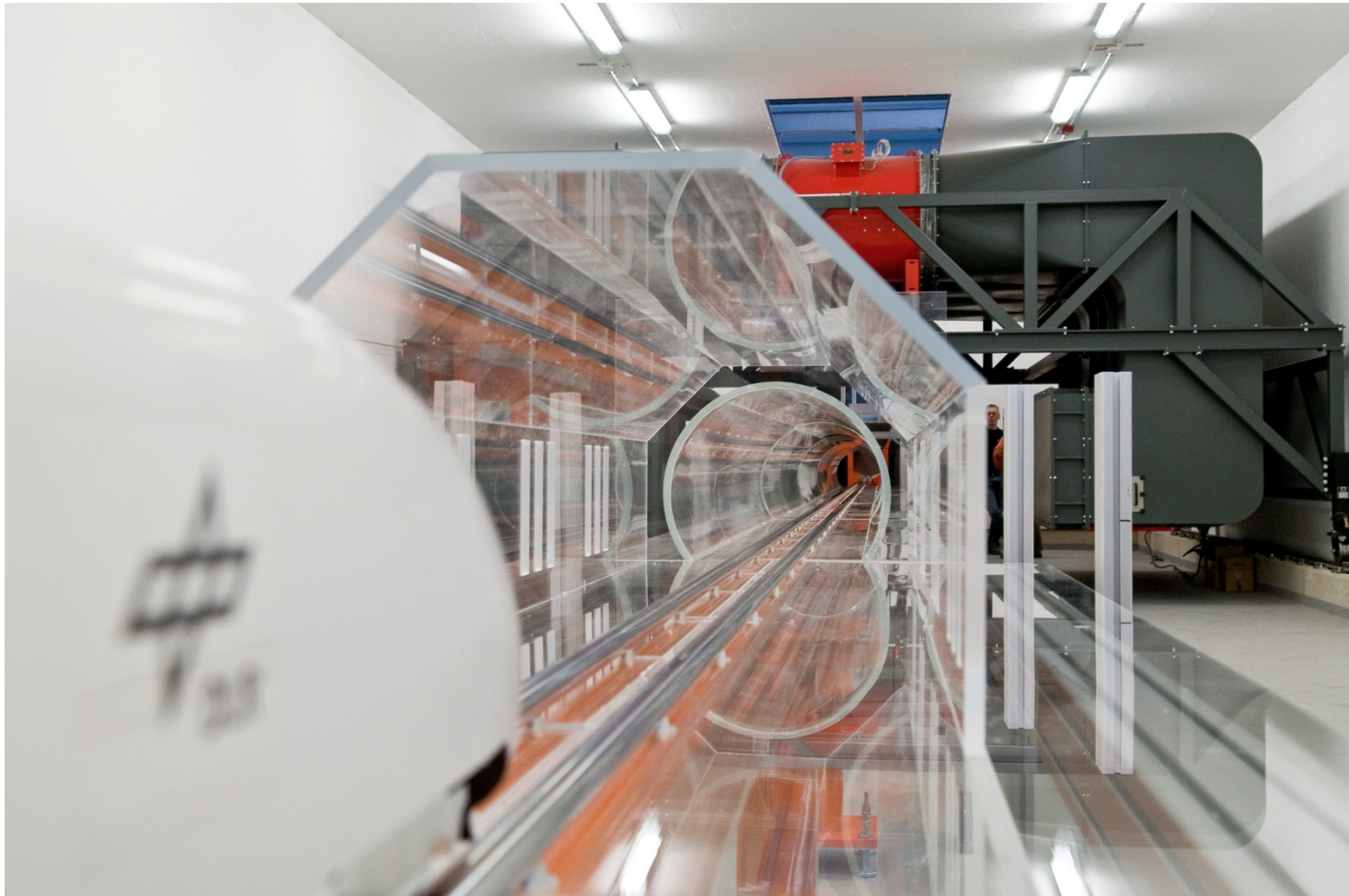
Bremswege für verschiedenen Ausgangsgeschwindigkeiten  
(reiner Bremsweg, ohne Betätigungsdauer te)





# Zug der Zukunft

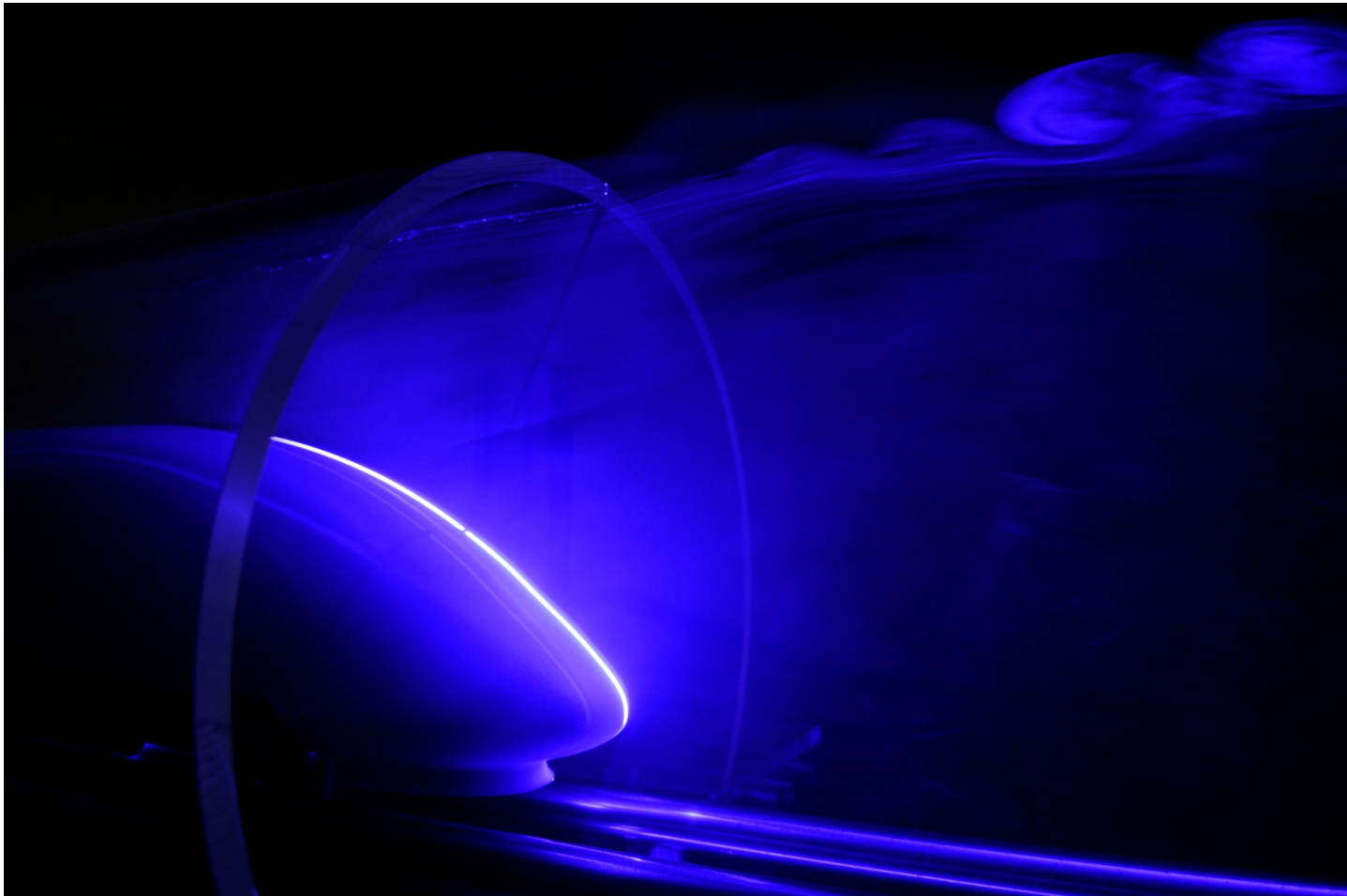
## Tunnel- und Seitenwind-Windkanal





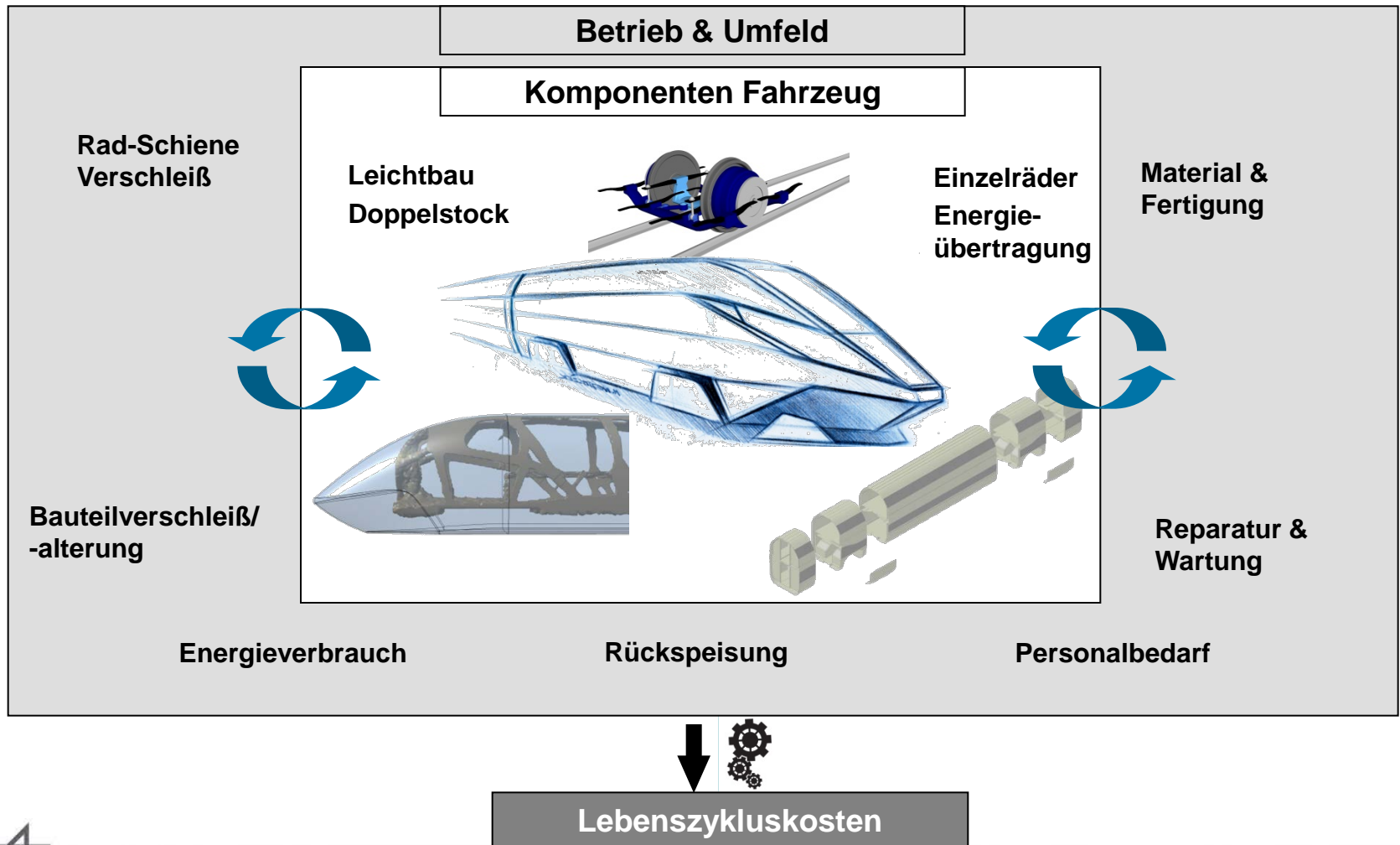


# Zug der Zukunft Tunnel-Windkanal





# LCC Berechnungen am NGT





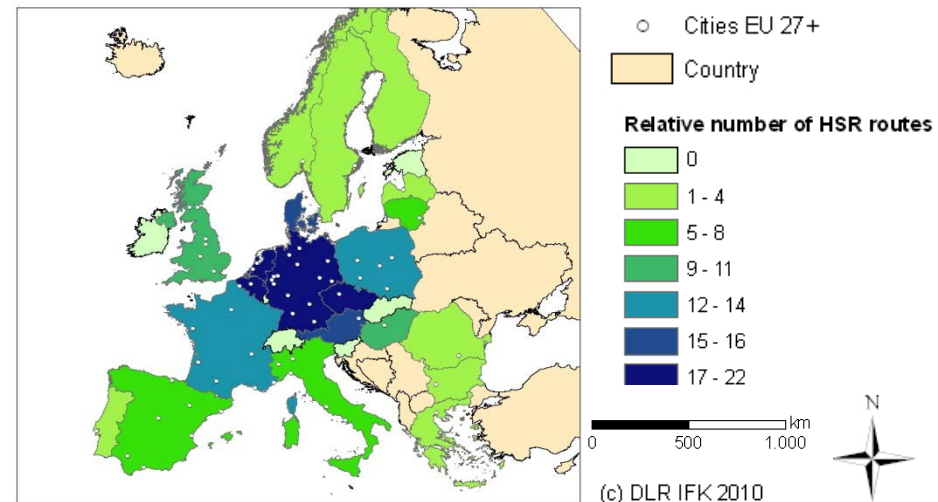
# Zug der Zukunft

## Potential der Fahrgastzahlen in Europa

- Verhältnis zwischen der Verkehrsanbindung und den sozio-ökonomischen Eigenschaften (multiple regression model)
- 401 Verbindungen in Europa berechnet
- Geschwindigkeitserhöhung um 20 %:  
 nationale Strecken: + 27 %  
 internationale Strecken: + 34 %

$$F_{ij} = \beta_0 \cdot \underbrace{(P_i \cdot P_j)^{\beta_1}}_{\text{Bevölkerung}} \cdot \underbrace{(W_i \cdot W_j)^{\beta_2}}_{\text{BIP}} \cdot \underbrace{\left( \frac{d_{ij}}{v_{ij}/100} \right)^{\beta_3}}_{\text{Reisezeit}} \cdot \text{Entfernung}$$

Routes	Distance [km]	Passengers Ø 200 km/h
Birmingham<->London	165	8.766.461
London<->Paris	344	8.096.654
Paris<->Lille	204	7.430.446
Paris<->Lyon	394	5.287.699
Hamburg<->Berlin	256	4.986.513
Cologne<->Frankfurt	153	4.523.267
•	•	•
•	•	•
•	•	•

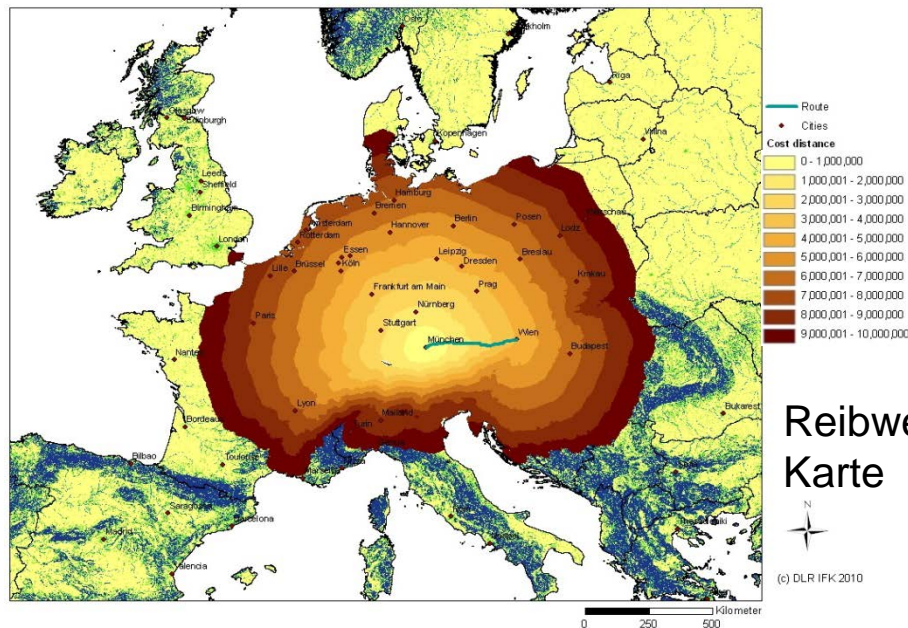




# Zug der Zukunft

## Abschätzung von Infrastrukturkosten mittels GIS

- Berücksichtigung von unterschiedlichen geographischen Gegebenheiten
- Widerstände des Streckenbaus: Bevölkerungsdichte, Geländeverlauf, Gewässer
- Einfluss der Baukosten



**NextGenerationTrain**

**Entfernungs-Variante**

☒ 150 km - 645 km

☐ 150 km - 800 km

☐ 350 km - 800 km

**Relation wählen**

Startpunkt:

Endpunkt:

**Bahntrasse**

Kosten pro km Schiene in Mio. €:

Geschwindigkeit in km/h:

Baukosten in Mio. €:

Distanz in km:

Fahrgastpotenzial:

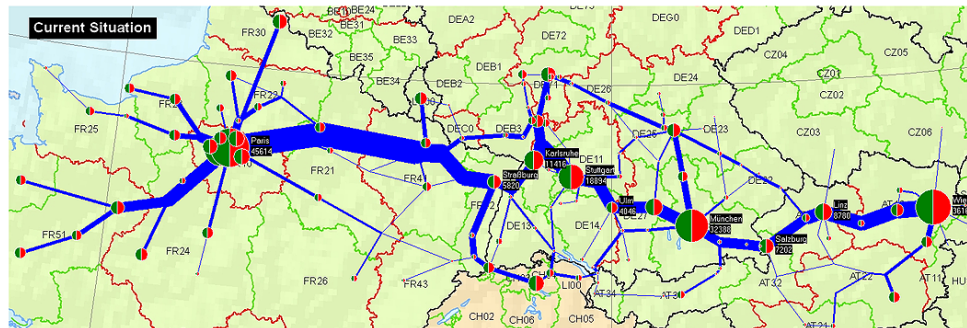




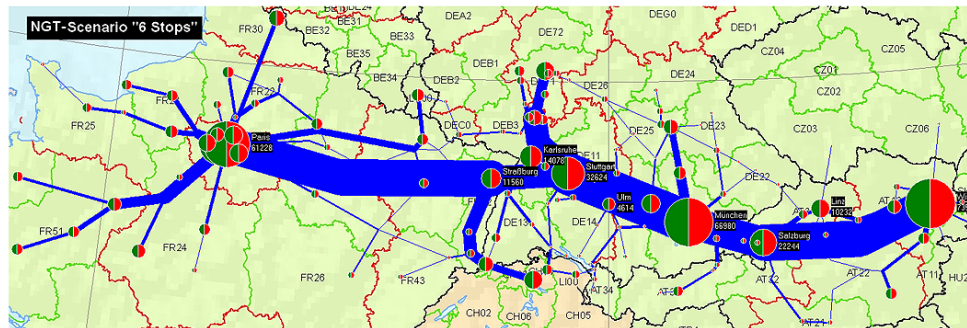
# Zug der Zukunft

## Betriebskonzept: HSL Paris - Wien

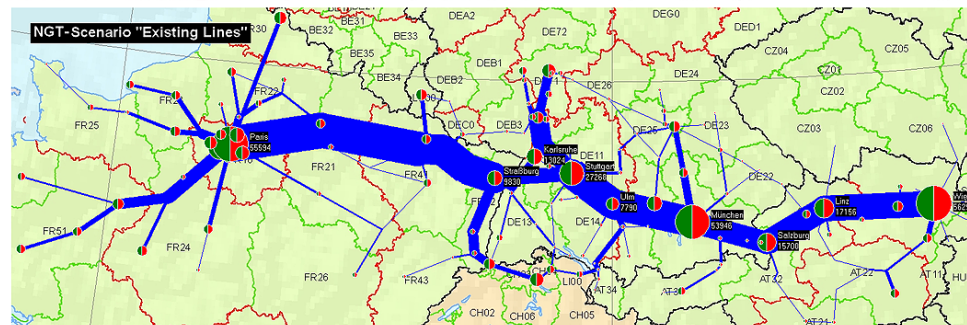
Heutige Situation



Szenario mit 6 Halten



Szenario mit existierenden  
Bahnstrecken

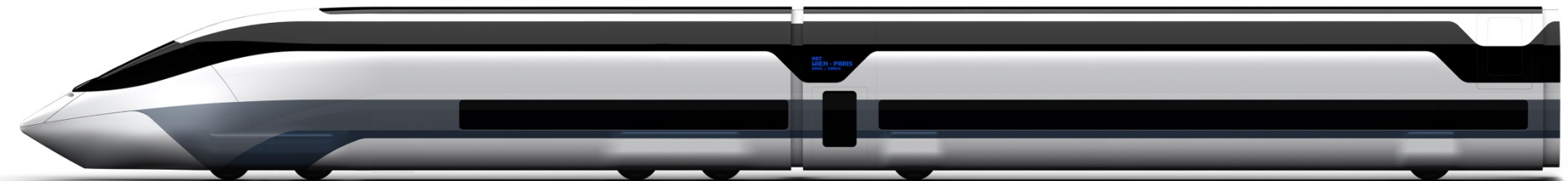




# Zusammenfassung

Doppelstock-Hochgeschwindigkeitszug „Zug der Zukunft“

- leicht
- energieeffizient
- leise
- fahrgastfreundlich
- verschleißarm  
im Rad/Schiene-Kontakt







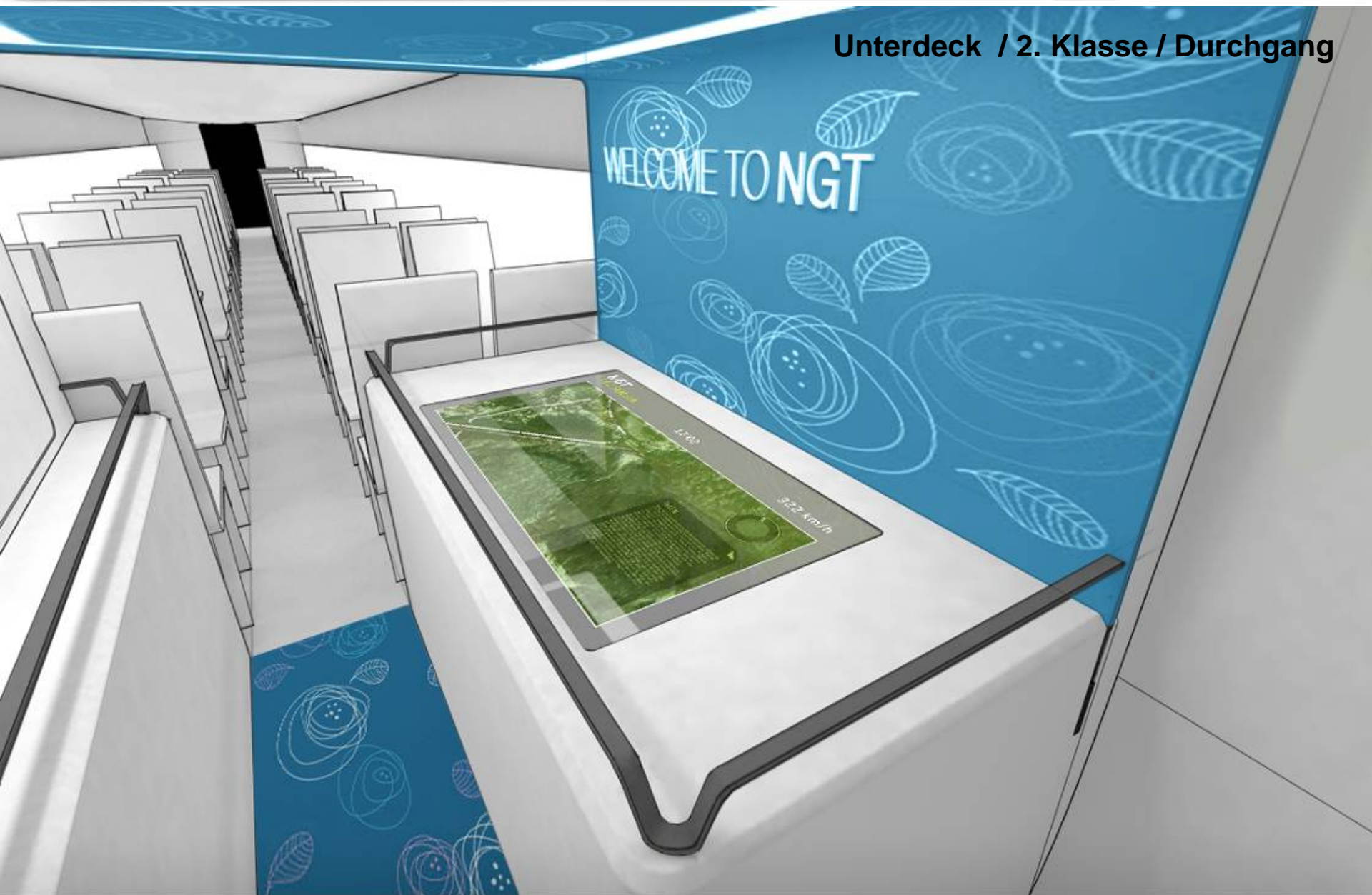
# Zug der Zukunft – technische Designstudie



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft.



Unterdeck / 2. Klasse / Durchgang





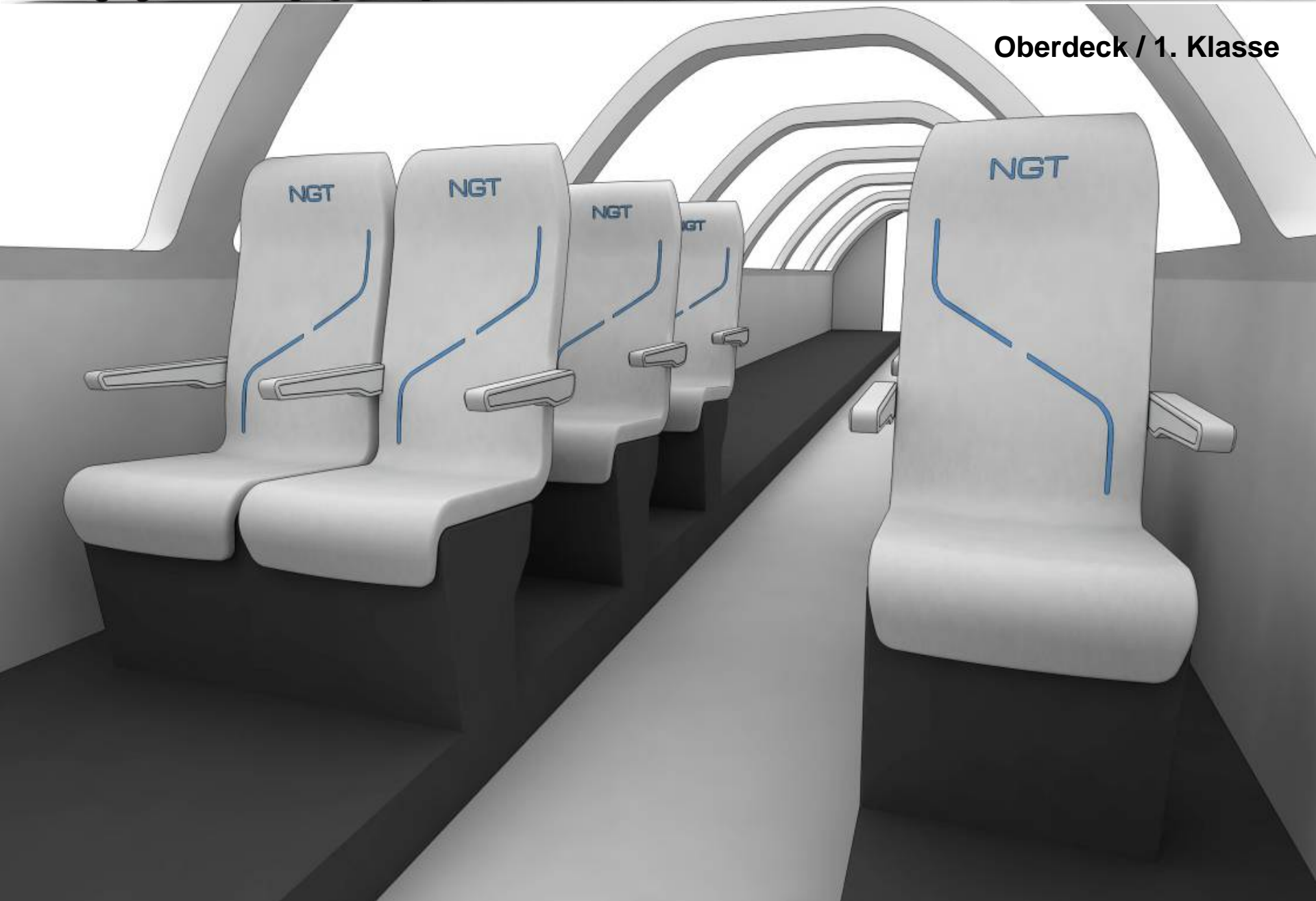


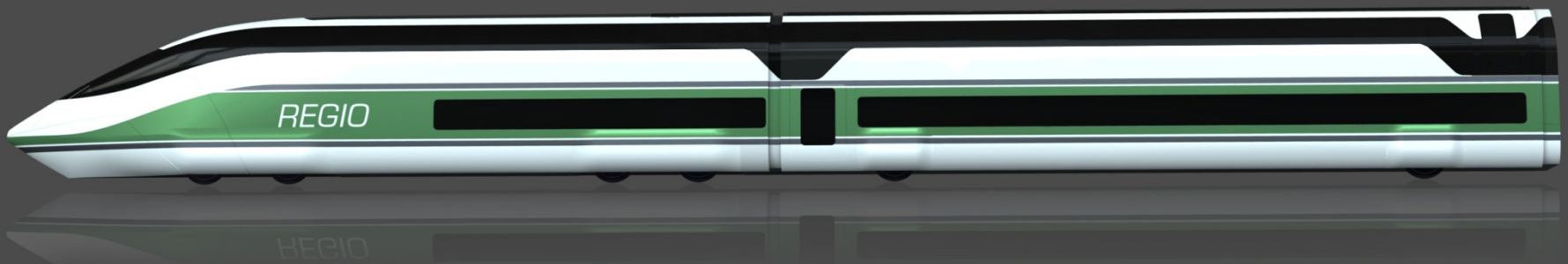
Unterdeck / 1. Klasse





Oberdeck / 1. Klasse









## Next Step





**Vielen Dank  
für Ihre Aufmerksamkeit**

[www.dlr.de](http://www.dlr.de) „Verkehr“



Deutsches Zentrum  
für Luft- und Raumfahrt e.V.  
in der Helmholtz-Gemeinschaft